

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-042981

(43)Date of publication of application : 18.02.1994

(51)Int.Cl.

G01D 5/38

(21)Application number : 04-197271

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 23.07.1992

(72)Inventor : NOMURA NOBORU

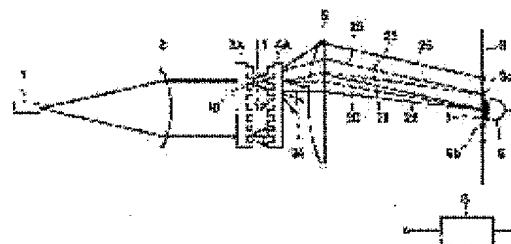
KATO MAKOTO

## (54) OPTICAL ENCODER

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an optical encoder which has a simple constitution, high light utilization efficiency and high resolution for a grating pitch and enable obtaining output signals with excellent accuracy.

CONSTITUTION: The coherent light emitted from a light source 1 is made parallel light by the use of a collimate lens 2 and is then made incident on a fixed diffraction plate 3A perpendicularly. The +1st order diffraction light 11 having passed the fixed diffraction plate 3A passes a moving diffraction plate 4A as a -1st order diffraction light 21 and is converged on a photodetector 6 with a condenser lens 5 and the -1st order diffraction light 12 having passed the moving diffraction plate 3A passes a moving diffraction plate 4A as a +1st order diffraction light 22 and is converged on a photodetector 6 with a focus lens 5. If the  $\pm 1$ st order diffraction light 21 and 22 interfere each other, sine wave output having two times frequency of a sine wave obtained by the interference between the 0th order diffraction light having passed the fixed diffraction plate 3A and the moving diffraction plate 4A and  $\pm 1$ st order diffraction light 21 and 22.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3108203

[Date of registration]

08.09.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

08.09.2004

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-42981

(43)公開日 平成6年(1994)2月18日

(51)Int. Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 D 5/38

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 7269-2 F

審査請求 未請求 請求項の数4

(全10頁)

(21)出願番号 特願平4-197271

(22)出願日 平成4年(1992)7月23日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 野村 登

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 加藤 誠

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

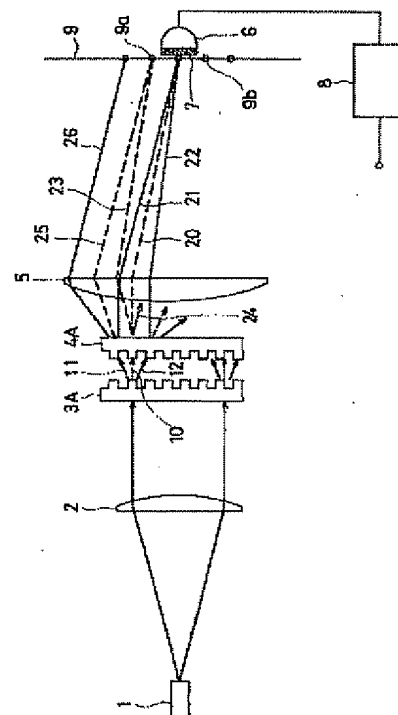
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54)【発明の名称】 光学式エンコーダ

(57)【要約】

【目的】 簡素な構成でありながら、光利用効率が高いと共に、格子ピッチに対して分解性能が高く且つ精度の良い出力信号を得ることができる光学式エンコーダを提供する。

【構成】 光源1から出射されたコヒーレント光は、コリメートレンズ2により平行光にされた後、固定回折板3Aに対して垂直に入射される。固定回折板3Aを通過した+1次の回折光11は、移動回折板4Aを-1次の回折光21として通過して集光レンズ5により光検出器6に集光され、移動回折板3Aを通過した-1次の回折光12は、移動回折板4Aを+1次の回折光22として通過して集光レンズ5により光検出器6に集光される。±1次の回折光21、22同士が干渉すると、固定回折板3A及び移動回折板4Aを通過した0次の回折光20と±1次の回折光21、22との干渉により得られる正弦波に対して2倍の周波数を有する正弦波出力信号が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 コヒーレントな光を出射する光源と、該光源から出射された光の光軸に対して略垂直で且つ互いに平行に設けられており主として±1次の回折光のみを通過させる位相格子を有する固定回折板及び移動回折板と、該固定回折板及び移動回折板を通過した光を受光する光検出器と、上記固定回折板及び移動回折板を通過した±1次の回折光を上記光検出器の光検出部に集光させる集光レンズとを備えていることを特徴とする光学式エンコーダ。

【請求項 2】 上記固定回折板及び移動回折板は共に矩形波状の位相格子を有しており、該位相格子の矩形波の山と谷とは対称な形状を有し且つ山と谷との段差 $d$ は、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1 + 2m) \times (1/|n - n_0|)$ 。

（ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$ ＝光源から出射される光の波長、 $n$ ＝固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$ ＝固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）になるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学式エンコーダ。

【請求項 3】 上記固定回折板及び移動回折板は共に正弦波状の位相格子を有しており、該位相格子の正弦波の山と谷との段差 $d$ は、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1/|n - n_0|) \div (1 - 2/\pi)$ 。

（ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$ ＝光源から出射される光の波長、 $n$ ＝固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$ ＝固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）になるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学式エンコーダ。

【請求項 4】 上記固定回折板及び移動回折板は共に三角形波状の位相格子を有しており、該位相格子の三角波の山と谷とは対称な形状を有し且つ山と谷との段差 $d$ は、 $d = \lambda \times (1/|n - n_0|)$ 。

（ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$ ＝光源から出射される光の波長、 $n$ ＝固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$ ＝固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）になるように設定されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学式エンコーダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光学式エンコーダに関し、特に移動物体例えば回転物体に取り付けられた回折格子に可干渉性光束を入射させ、該回折格子を通過した回折光を互いに干渉させ、干渉した光の強度を測定することにより、回折格子の移動状態例えば回転状態を観測する光学式エンコーダに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 機械装置において位置決めをする際には

光学式エンコーダ例えば光電式のエンコーダが広く利用されている。この光電式エンコーダは、回転ディスク及び該回転ディスクと所定の間隔をおいて設けられた固定マスクにそれぞれスリットを設け、両スリットを通過した光を光検出器により電気信号に変えて出力することによって、直線的な長さや回転角を測定するものである。この光電式エンコーダにおいては、スリットのピッチを細かくすることにより、検出精度を高めることができる。

10 【0003】ところが、この光電式エンコーダによると、回転ディスク及び固定マスクに設けられたスリットのピッチを余り細かくすると、回折光の影響により光検出器からの出力信号の信号対雑音の比である $S/N$ 比が低下し、検出精度が低下するという問題があった。

20 【0004】また、光検出器からの出力信号が回折光の影響を受けない程度にまでスリットの間隔を拡大しようとすると、回転ディスクの径が大きくならざるを得ず、そのために装置全体が大型化するので、回転ディスクを回転駆動させる駆動体への負荷が大きくなる等の問題点があった。

【0005】一方、光学式エンコーダとしては、回折格子を通過した回折光を用いる干渉縞検出方式のエンコーダも知られている。この干渉縞検出方式のエンコーダは、光軸に対して略垂直に配設された固定回折板及び移動回折板を通過した光の回折及び干渉によって生じる干渉縞を光検出器により電気信号に変えて取り出すものである。

30 【0006】ところが、この干渉縞検出式エンコーダにおいては、移動回折板及び固定回折板から複数の次数の回折光が出射するため、測定に必要な特定次数の回折光の強度が低下し、検出感度が低下するという問題があった。

【0007】また、測定に不要な次数の回折光がフレアとなったり或いはゴースト光発生の原因になったりするので、干渉縞検出時の $S/N$ 比が低下するという問題もあった。

40 【0008】さらに、移動回折板及び固定回折板を通過した回折光による干渉縞を光検出器により読み取る場合、0次の回折光を含む多数の異なる次数の回折光が互いに干渉するので、移動回折板と固定回折板との間のギャップの変動によって光強度が変動するという問題もあった。このギャップ変動が許容される範囲は高々 $2p^2/\lambda$ （ただし、 $p$ は格子のピッチ、 $\lambda$ は測定している光の波長）として与えられている（Optics and Laser Technology, (1985)p89-95参照）。

50 【0009】そこで、光源の波長変動及び移動回折板と固定回折板との間のギャップ変動に対して安定した信号を検出できるようにするため、特開平 3-279812 に記載され、本件の図 10 に示すような光学式エンコーダが提案されている。すなわち、コヒーレント光源 30

と、該コヒーレント光源30から出射した光を平行光にするコリメートレンズ32と、該コリメートレンズ32を通過した光の光軸に対してほぼ垂直に且つ適当な間隔において配設され互いに等しい周期的なピッチの回折格子を有する固定回折板34及び反射型移動回折板36とを備え、光源30から出射されコリメートレンズ32を通過した後、固定回折板34の第1の回折格子34aを通過した0次及び±1次の回折光を、移動回折板36の第2の回折格子36a、36a、36aによって回折、反射させた後、再度、固定回折板34の第3の回折格子34b、34cを通過させ、該第3の回折格子34b、34cにおいて交差する回折光成分のうち、コリメートレンズ32を通過した光と平行な方向へ回折して干渉する光を光検出器38A、38Bによって検出するものである。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記の場合、回折格子による回折回数は合計3回となり、光の利用効率が低下するという問題がある。

【0011】また、0次及び±1次の回折光をすべて用いるため、各次数の回折光について回折効率を等しくする必要がある。このため、例えば回折効率を20%程度とすると、トータルの光利用効率は $(0.2)^3 = 0.008$ すなわち略0.01となり、1%弱の光量しか利用できない。このため出力信号のS/Nを向上させようとすると、コヒーレント光源30の出力を大きくする必要があるという問題がある。

【0012】さらに、前述したように、測定に不要な次数の回折光がフレア或いはゴースト光発生の原因となるという不都合も回避されない。

【0013】上記に鑑み、本発明は、簡素な構成でありながら、光利用効率が高く且つ格子ピッチに対して分解性能が高い、精度の良い信号を得ることができる光学式エンコーダを提供することを目的とする。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、請求項1の発明は、固定格子板及び移動格子板を通過する回折光のうち±1次の回折光のみを空間フィルタリングして干渉させ、0次の回折光と±1次の回折光とが干渉することにより形成される正弦波に対して2倍の周波数を有する正弦波を出力せしめるものである。

【0015】具体的に請求項1の発明が講じた解決手段は、光学式エンコーダを、コヒーレントな光を出射する光源と、該光源から出射された光の光軸に対して略垂直に且つ互いに平行に設けられており主として±1次の回折光のみを通過させる位相格子を有する固定回折板及び移動回折板と、該固定回折板及び移動回折板を通過した光を受光する光検出器と、上記固定回折板及び移動回折板を通過した±1次の回折光を上記光検出器の光検出部に集光させる集光レンズとを備えている構成とするもの

である。

【0016】請求項2の発明は、位相格子が矩形波状に形成し、矩形波の形状を固定格子板及び移動格子板を通過する0次の回折光の光量比を無視できる形状にするものであって、具体的には、請求項1の構成に、上記固定回折板及び移動回折板は共に矩形波状の位相格子を有しており、該位相格子の矩形波の山と谷とは対称な形状を有し且つ山と谷との段差dは、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1 + 2m) \times (1/|n - n_0|)$ （ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$  = 光源から出射される光の波長、 $n$  = 固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$  = 固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）に設定されているという構成を付加するものである。

【0017】請求項3の発明は、位相格子を正弦波状に形成し、正弦波の形状を固定格子板及び移動格子板を通過する0次の回折光の光量比を無視できる形状にするものであって、具体的には、請求項1の構成に、上記固定回折板及び移動回折板は共に正弦波状の位相格子を有しており、該位相格子の正弦波の山と谷との段差dは、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1/|n - n_0|) \div (1 - 2/\pi)$ （ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$  = 光源から出射される光の波長、 $n$  = 固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$  = 固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）に設定されている構成を付加するものである。

【0018】請求項4の発明は、位相格子を三角形波状に形成されている場合において、三角波の形状を固定格子板及び移動格子板を通過する0次の回折光の光量比を無視できる形状にするものであって、具体的には、請求項1の構成に、上記固定回折板及び移動回折板は共に三角形波状の位相格子を有しており、該位相格子の三角波の山と谷とは対称な形状を有し且つ山と谷との段差dは、 $d = \lambda \times (1/|n - n_0|)$ （ただし $m = 0, \pm 1, \dots$ 、 $\lambda$  = 光源から出射される光の波長、 $n$  = 固定回折板及び移動回折板を構成する材料の屈折率、 $n_0$  = 固定回折板と移動回折板との間の媒体の屈折率）に設定されている構成を付加するものである。

#### 【0019】

【作用】請求項1の構成により、光源から出射されたコヒーレント光のうち主として±1次の回折光のみを通過させる位相格子を有する固定回折板及び移動回折板と、該固定回折板及び移動回折板を通過した±1次の回折光を光検出器の光検出部に集光させる集光レンズとを備えているため、0次の回折光と±1次の回折光とが干渉したときに形成される正弦波に対して2倍の周波数を有する2倍周波の正弦波出力波形を得ることができる。

【0020】請求項2～4の構成により、位相格子が矩形波状、正弦波状或いは三角形波状の場合にそれぞれ山と谷との段差寸法を特定しているため、実施例の項でそれぞれ説明するように、固定格子板及び移動格子板を通

過する0次の回折光の光量比を無視できる程度に抑制することができる。

#### 【0021】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【0022】図1は本発明の第1実施例に係る光学式エンコーダの概略構成を示し、図2は第1実施例に係る光学式エンコーダの要部の構成を示しており、同図において、1は半導体レーザ若しくは比較的可干渉性の高いLED（発光ダイオード）よりなる光源、2は光源1から出射された光を平行光にするコリメートレンズ、3Aは矩形波状断面の位相格子を有し光軸に対して垂直に配置された固定回折板、4Aは矩形波状断面の位相格子を有し光軸に対して垂直に配置され且つ垂直方向に移動可能な移動回折板であって、固定回折板3Aの位相格子と移動回折板4Aの位相格子とは互いに同じ周期を有している。また、同図において、5は移動回折板3Aを通過した光を集光する集光レンズ、6は集光レンズ5により集光され光検出部7において結像した回折像を電気信号に変えて出力する光検出器、8は周波数弁別フィルターである。

【0023】第1実施例に係る光学式エンコーダにおいては、光源1から出射された光は、コリメートレンズ2により平行光にされた後、固定回折板3Aに該固定回折板3Aに対して略垂直の方向から入射される。固定回折板3Aに入射した光は、該固定回折板3Aによって回折され、0次の回折光10、+1次の回折光11、-1次の回折光12、……として出射される。これらの回折光10、11、12は、移動回折板4Aに入射した後、さらに回折光として出射される。この移動回折板4Aから出射された回折光を $(n, m)$ （但し、 $n$ は固定回折板3Aによる回折次数、 $m$ は移動回折板3Bによる回折次数をそれぞれ示す。）として表すと、移動回折板3Bを通過する回折光としては、図2に示すように、 $(0, 0)$ の回折光20、 $(+1, -1)$ の回折光21、 $(-1, +1)$ の回折光22、 $(-2, +2)$ の回折光、 $(+2, -2)$ の回折光、……、がある。ただし図2においては、図示の都合上、 $(-2, +2)$ の回折光、 $(+2, -2)$ の回折光及び2次の回折光よりも高次の回折光は省略している。

【0024】移動回折板4Aを光軸に対して垂直方向（図1及び図2における上下方向）に一定速度で移動させると、移動に伴って0次よりも高次の回折光の位相は0次の回折光の位相に対して変化するので、例えば $(+1, -1)$ の回折光21と $(-1, +1)$ の回折光22とが干渉して得られる干渉波の光強度は正弦波状に変化する。同様に $(+1, -1)$ の回折光21と $(0, 0)$ の回折光20との干渉波の光強度、或いは $(-1, +1)$ の回折光22と $(0, 0)$ の回折光20との干渉による干渉波の光強度も移動回折板4Aの移動に伴って周

期的に変化する。

【0025】ところで、矩形波状の断面を有する移動回折板4Aの山と谷との段差 $d$ は、光源1の波長 $\lambda$ に対して、

$$|n - n_0| \times d = (\lambda/2) \times (1 + 2m) \dots\dots(1)$$

（但し、 $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ であり、 $n$ は固定回折板3A及び移動回折板4Aを構成する材料の屈折率、 $N$ は固定回折板3Aと移動回折板4Aとの間の媒質の屈折率である。）になるように形成されている。

【0026】この場合、0次をはじめとする偶数次の回折光の成分が0になること、及び $\pm 1$ 次の回折光に大半の光エネルギー（各々40%程度）が集中することは衆知である。もっとも、実際には、固定回折板3A及び移動回折板4Aの製作誤差によって、偶数次の回折光も若干発生する。

【0027】上記(1)式において、固定回折板3A及び移動回折板4AがSiO<sub>2</sub>基板である場合に $n$ は略1.46となり、光源1がHe-Neガスレーザである場合に $\lambda$ は633nmとなり、固定回折板3Aと移動回折板4Aとの間の媒質が空気の場合に $n_0$ は1となる。さらに、 $m$ を0とし、固定回折板3A及び移動回折板4Aの格子周期 $p$ を略10 $\mu$ mとし、リソグラフィーとドライエッチングの方法によって製作した段差 $d$ が略0.688 $\mu$ mである矩形波状の固定回折板3A及び移動回折板4Aを用いて実験した結果によると、 $\pm 1$ 次の回折光の回折効率はいずれも37~40%程度が得られ、0次の回折光の成分は2%以下、3次の回折光の成分はそれぞれ4~5%程度であった。この場合、固定回折板3A及び移動回折板4Aの位相格子の矩形波の山と谷の幅の比（duty ratio）は6:4となっていた。

【0028】さて、 $(0, 0)$ の回折光20は、 $(+1, -1)$ の回折光21或いは $(-1, +1)$ の回折光22と干渉し、固定回折板3A及び移動回折板4Aの矩形波の山と谷とが互いに一致したときに光強度が最大となり且つ矩形波の山と谷とが半周期 $p/2$ だけ互いにずれたときに光強度が最小となるような正弦波形である基本波（図3（b）を参照）の出力が得られる。一方、主要光量を占める $(+1, -1)$ の回折光21と $(-1, +1)$ の回折光22とは互いに干渉し、上記基本波に対して2倍の周波数を有する正弦波よりなる2倍周波（図3（b）を参照）の出力が得られる。尚、図1において、23は $(0, +1)$ の回折光を、24は $(0, -1)$ の回折光を、25は $(+1, 0)$ の回折光を、26は $(+1, +1)$ の回折光をそれぞれ示している。

【0029】本発明は、前述した2倍周波の成分を利用して精度の高い位置検出を可能とするものである。光検出器6に入射する光量は、 $(0, 0)$ の回折光20が高々 $(2/100)^2 = 4 \times 10^{-4}$ であるのに対し、 $(+1, -1)$ の回折光21及び $(-1, +1)$ の回折光2

2はそれぞれ $(40/100)^2 = 0.16$ である。即ち、干渉に寄与する光波の振幅比は $\sqrt{(4 \times 10^{-4})} : \sqrt{(0.16)} = 2 \times 10^{-2} : 0.4 = 1 : 20$ である。従って、図5(a)に示した基本波の信号振幅 $U_0$ は、2倍周波の信号振幅 $U_2$ に比べて高々 $(1/20) \times 2 = 1/10$ に過ぎない。一方、不都合な成分として最大振幅を与える $(+3, -3)$ の回折光と $(-3, +3)$ の回折光とが干渉すると6倍周波の出力波形を生じるが、6倍周波の振幅 $U_6$ と2倍周波の振幅 $U_2$ との比は $1 : 8 \sim 1 : 10$ 程度である。また、 $(+3, -3)$ の回折光と $(+1, -1)$ の回折光とが干渉した光の成分、及び $(-3, +3)$ の回折光と $(-1, +1)$ 回折光とが干渉した光の成分も2倍周波を生じるが、これらの2倍周波の振幅は、他の倍周波の振幅と同様に、 $(+1, -1)$ の回折光21と $(-1, +1)$ の回折光22とが干渉して生じる2倍周波の振幅 $U_2$ に比べて無視できる程に小さい。

【0030】第1実施例の光検出器6の光電変換信号出力は、誇張して示すと、図3(a)のように歪んだ波形として得られることになる。この歪んだ波形は、図3(b)に示すように、基本波の成分、2倍周波の成分及び6倍周波の成分(6倍周波の成分は図示されていない。)等に分解して考えることができるが、2倍周波の成分以外の成分は、それぞれ微弱であり且つ互いに共役な回折波の干渉のため変動が小さいので、2倍周波の成分の検出は十分に可能である。

【0031】尚、必要ならば、図1に示す周波数弁別フィルター回路10の遮断周波数帯域を狭くして、周波数弁別フィルター回路8から6倍周波の成分が出力されないようにすることもできる。

【0032】また、特に2倍周波の成分のみを更に高精度で得たい場合には、バンドパスフィルター回路を周波数弁別フィルター回路8に附加することにより容易に目的を達し得る。

【0033】さらに、微弱ではあるが、前述した干渉光以外の干渉光の成分として、例えば $(+2, -1)$ の回折光と $(-2, +1)$ の回折光との干渉光が図1の結像面9のスポット9aにおいて得られ、同様に $(-2, +1)$ の回折光と $(+1, -2)$ の回折光との干渉光は結像面9のスポット9bにおいて得られるが、これらの干渉光は光検出器6の光検出部7以外の部分に集光するため、全く問題にならないことは容易に了解されよう。

【0034】図4は本発明の第2実施例に係る光学式エンコーダの主要部の構成を示しており、該第2実施例においては、固定格子板3B及び移動格子板4Bは、第1実施例と同様に矩形波状の断面の位相格子を有しているが、矩形波の山と谷の幅の比(duty ratio)が略5:5になるように形成されている。つまり、矩形波の山と谷とは対称であり、且つ矩形波の山と谷との段差dは、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1 + 2m) \times (1/|n - n$

。|)に設定されている。

【0035】尚、第2実施例においては、第1実施例と同様の部材及び回折光については、第1実施例と同様の符号を付すことにより説明は省略する。

【0036】第1実施例と同様、半導体レーザ若しくは比較的可干渉性の強いLEDよりなる光源1から出射された光は、コリメートレンズ2を通過した後、固定格子板3Bに対して略垂直な方向から平行に入射する。固定格子板3Bに入射した光は、該固定格子板3Bを通過した後、約80%の光量が±1次の回折光となり、約10%の光量が±3次の回折光となり、残りの光量は±5次以上の奇数次の回折光に各々数%以下の比率で分布する。

【0037】本第2実施例においては、矩形波の山と谷の幅の比を略5:5に形成しているため、0次の回折光の光量比を無視できる程に抑圧できるので、特別のフィルター回路を要することなく、2倍周波の成分の出力のみを光検出器6から取り出すことができる。また、本第2実施例においては、光検出器6の光検出部8の手前側には、十分に小さい開口9cが設けられ、不要光が光検出器6の光検出部7に入射するのを防いでいる。

【0038】このように構成することにより、図5に示すように、基本波の成分(図5(a)を参照)の信号の振幅は $U_0$ は略0となり、2倍周波の成分の信号出力のみが得られた(図5(b)を参照)。この場合、6倍周波の成分は第1実施例と略同等の光電変換出力を生じるが、この出力は周波数弁別フィルター回路8の帯域を制限することによって遮断できる。

【0039】図6は本発明の第3実施例に係る光学式エンコーダの主要部の構成を示しており、該第3実施例においては、固定格子板3C及び移動格子板4Cはそれぞれ正弦波状断面の位相格子を有している。

【0040】尚、第3実施例においては、第1実施例と同様の部材及び回折光については、第1実施例と同様の符号を付すことにより説明は省略する。

【0041】固定格子板3Cに入射された光は該固定格子板3Cによって数次の回折光に分かれて回折される。0次の回折光の強度を0とする条件は、格子の形状、格子を構成する物質の屈折率及び格子の深さで決まり、便宜的には回折光の位相の「重心」で計算することができる。例えば、第2実施例の固定回折板3B及び移動回折板3Cでは図8(a)に示すように位相の重心G及びG'は矩形波の表面にあり、位相を進ませる格子の重心Gと位相を遅らせる格子の重心G'との間の位相差が光源の波長 $\lambda$ の $1/2$ になると0次光は出射しなくなると考えられる。この格子の段差dの条件が(1)式に示すようになったわけである。

【0042】次に、図8(b)に示す正弦波格子では位相の重心は、正弦波の位相を平均化するとG及びG'の高さが求まって、

10

20

30

40

50

【数1】

$$\frac{\int_0^{\frac{P}{2}} \frac{d}{2} |n - n_0| (1 - \sin 2\pi x/P) dx}{\int_0^{\frac{P}{2}} dx} \\ = \frac{d}{2} |n - n_0| \left(1 - \frac{2}{\pi}\right)$$

【0043】となる。そして、このG及びG'の高さをそれぞれ $\lambda/4$ に等しくすると、 $d = (1/2) \times \lambda \times (1/|n - n_0|) \div (1 - 2/\pi)$ となる。

【0044】正弦波の山と谷との段差dを上記のようにすると、固定回折板3C及び移動回折板3Cを通過した0次の回折光の成分は、正弦波の谷と山とから出る光が0.5 $\lambda$ 分位相がずれて互いに打ち消し合い0となる。一方、1次の回折光は1 $\lambda$ 分だけ位相が異なるので、正

弦波の谷と山とから出る光が互いに強め合い、1次の回折光の強度が大きくなると考えられる。

【0045】図9は本発明の第4実施例に係る光学式エンコーダの主要部の構成を示しており、該第4実施例においては、固定格子板3D及び移動格子板4Dはそれぞれ三角波状断面の位相格子を有している。

【0046】尚、第4実施例においても、第1実施例と同様の部材及び回折光については、第1実施例と同様の符号を付すことにより説明は省略する。

【0047】本第4実施例においては、第2実施例と同様、固定格子板3Dに入射された光は該固定格子板3Dによって数次の回折光に分かれて回折される。図8

(c)に示す三角波状の位相の重心Gを求める作図からGの高さは $\lambda/4$ となるので、三角波の山と谷との段差dは、 $d = \lambda \times (1/|n - n_0|)$ となる。

【0048】三角波の段差dを上記のように形成すると、固定回折板3D及び移動回折板3Dを通過した0次の回折光の成分は、三角波状の格子の谷と山とから出る光が0.5 $\lambda$ 分だけ位相がずれて打ち消し合い0となる。一方、1次の回折光は1 $\lambda$ 分だけ位相が異なるので、三角波状の格子の谷と山とから出る光が互いに強め合い、1次の回折光の強度が大きくなると考えられる。特に、三角波状の傾斜を1次の回折光の回折角に合うように三角波のピッチ並びに固定格子板3D及び移動格子板4Dの屈折率nを適当に設定すると1次の回折光の強度を極大化できる。

【0049】次に、第2実施例と同様、固定格子板3Dを通過した $\pm 1$ 次の回折光を移動回折板4Dに導びき、該移動回折板4Dを通過させることにより、該移動回折板4Dに垂直方向な $(+1, -1)$ の回折光及び $(-$

1, +1)の回折光を得ることができる。そして移動回折板4Dが図9の上下方向に移動すると、その移動に伴って図7(c)に示すような基本波に対して2倍の周波数を有する2倍周波の正弦波の信号を得ることができる。

【0050】尚、上記各実施例においては、固定回折板3A, 3B, 3C, 3Dが光源1側に、移動回折板4A, 4B, 4C, 4Dが光検出器6側にそれぞれ配置されていたが、これに代えて、移動回折板4A, 4B, 4C, 4Dを光源1側に、固定回折板3A, 3B, 3C, 3Dを光検出器6側にそれぞれ配置してもよい。

【0051】

【発明の効果】請求項1の発明に係る光学式エンコーダによると、光源から出射されたコヒーレント光のうち主として $\pm 1$ 次の回折光のみを通過させる位相格子を有する固定回折板及び移動回折板と、該固定回折板及び移動回折板を通過した $\pm 1$ 次の回折光を光検出器の光検出部に集光させる集光レンズとを備えているため、0次の回折光と $\pm 1$ 次の回折光とが干渉したときに形成される正弦波に対して2倍の周波数を有する出力波形を得ることができるので、精度の高い正弦波出力信号を得ることができる。

【0052】また、固定回折板及び移動回折板を通過し光軸に対して対称で且つ互いに共役な $\pm 1$ 次の回折光(conjugate wave)を主として用いるため、光源の波長変動や波長の広がり、固定回折板と移動回折板基板との間のギャップ変動、或いはフレア、ゴースト光などをキャンセルできるので、SN比の高い出力信号を得ることができる。

【0053】また、構成部品の点数が少ないので安価に光学式エンコーダを製造することができると共に、湿度や温度上昇によって固定回折板或いは移動回折板に膨張が生じても左右対称な光学系であるため出力に影響がなく、工業的な価値が高い。

【0054】さらに、固定回折板及び移動回折板を樹脂により形成すると、複製が容易なために安価に製造することができる。

【0055】請求項2の発明に係る光学式エンコーダに

20

30

40

50

よると、固定回折板及び移動回折板は、山と谷とが対称な形状を有し且つ山と谷との段差 $d$ が $d = (1/2) \times \lambda \times (1 + 2m) \times (1/|n - n_0|)$ である矩形状波の位相格子を有しているため、0次の回折光の光量を略0にすることができるので、歪みがない、より精度の高い正弦波出力信号を得ることができる。

【0056】請求項3の発明に係る光学式エンコーダによると、固定回折板及び移動回折板は、山と谷との段差 $d$ が $d = (1/2) \times \lambda \times (1/|n - n_0|) \div (1 - 2/\pi)$ である正弦波の位相格子を有しているため、0次の回折光の光量を略0にすることができるので、請求項2の発明と同様、歪みがない、より精度の高い正弦波出力信号を得ることができる。

【0057】請求項4の発明に係る光学式エンコーダによると、固定回折板及び移動回折板は、山と谷とが対称な形状を有し且つ山と谷との段差 $d$ が $d = \lambda \times (1/|n - n_0|)$ である三角形波の位相格子を有しているため、0次の回折光の光量を略0にすることができるので、請求項2の発明と同様、歪みがない、より精度の高い正弦波出力信号を得ることができる。

【0058】また、請求項2～4の発明に係る光学式エンコーダによると、固定回折板及び移動回折板の位相格子が単純な形状であるため、高精度であるにも拘らず、安価に製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る光学式エンコーダの概略構成図である。

【図2】上記第1実施例に係る光学式エンコーダの要部の概略構成図である。

【図3】上記第1実施例の光学式エンコーダの固定回折板及び移動回折板を通過した回折光の波形であって、

(a)は基本波と2倍周波とが干渉した波の波形を示し、(b)は基本波の波形及び2倍周波の波形を示す。

【図4】本発明の第2実施例に係る光学式エンコーダの概略構成図である。

【図5】上記第2実施例の光学式エンコーダの固定回折板及び移動回折板を通過した回折光の波形であって、

(a)は振幅が0である基本波の波形を示し、(b)は2倍周波の波形を示す。

【図6】本発明の第3実施例に係る光学式エンコーダの概略構成図である。

【図7】上記第3実施例の光学式エンコーダの固定回折板及び移動回折板を通過した回折光の波形であって、

(a)は振幅が0である基本波の波形を示し、(b)は2倍周波の波形を示す。

【図8】本発明の第2実施例～第4実施例における位相格子の形状を決定するための計算の基準となる重心を説明する説明図である。

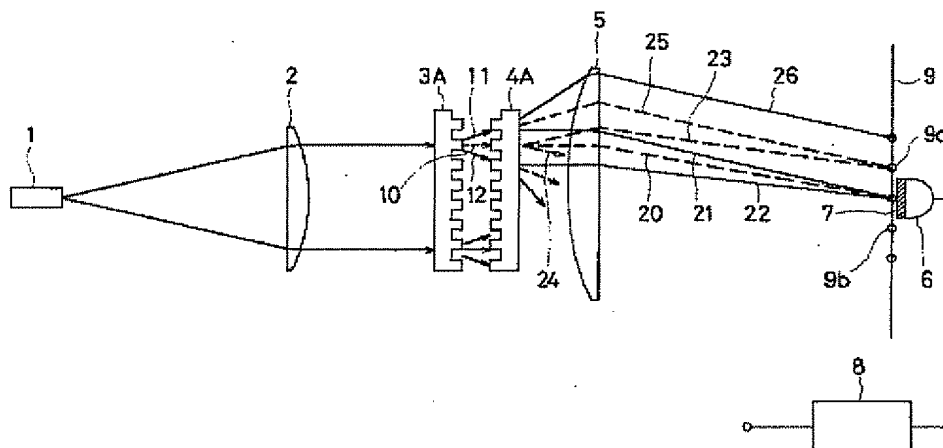
【図9】本発明の第4実施例に係る光学式エンコーダの概略構成図である。

【図10】従来例の光学式エンコーダの概略構成図である。

#### 【符号の説明】

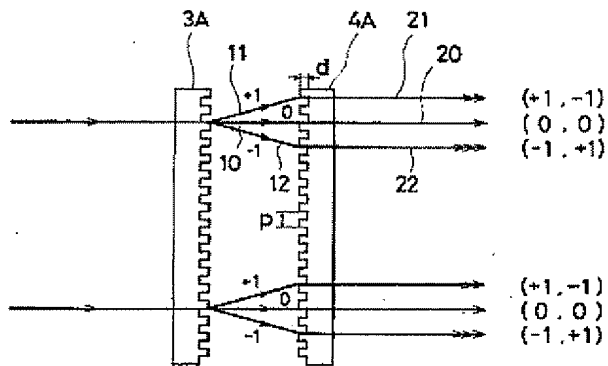
- 1 光源
- 2 コリメートレンズ
- 3 A, 3 B, 3 C, 3 D 固定格子板
- 4 A, 4 b, 4 c, 4 d 移動格子板
- 5 集合レンズ
- 6 光検出器
- 7 光検出部
- 8 周波数弁別フィルター

【図1】

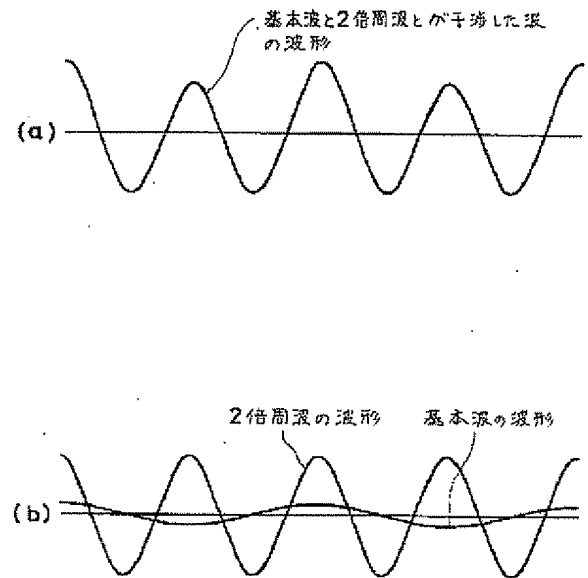




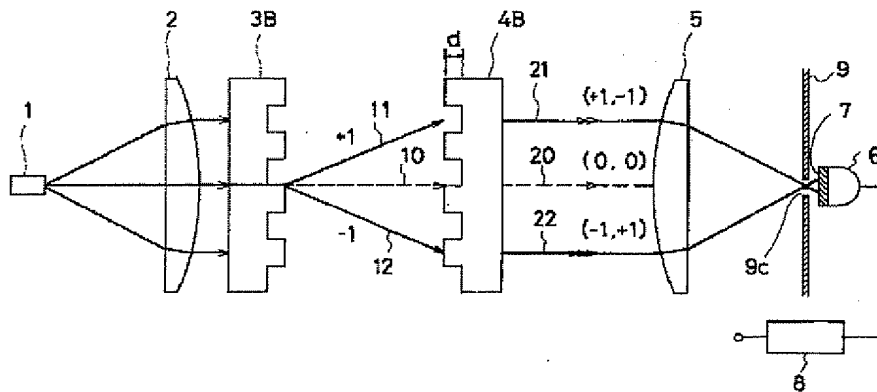
【図2】



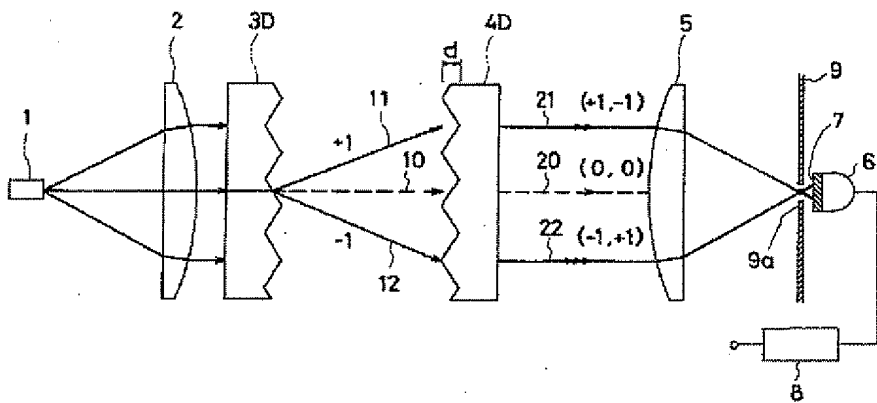
【図3】



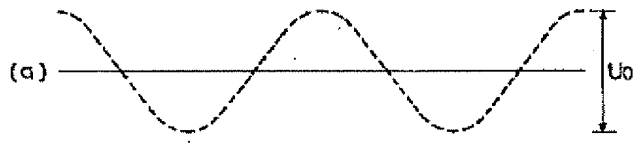
【図4】



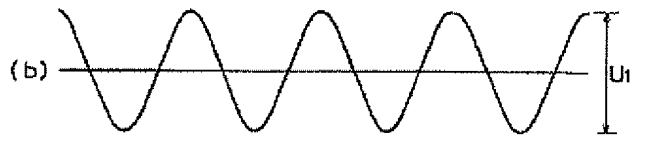
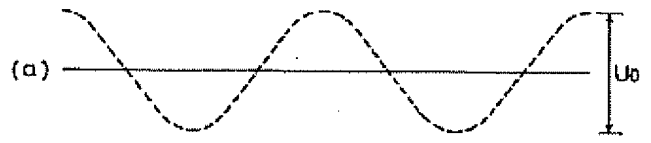
【図9】



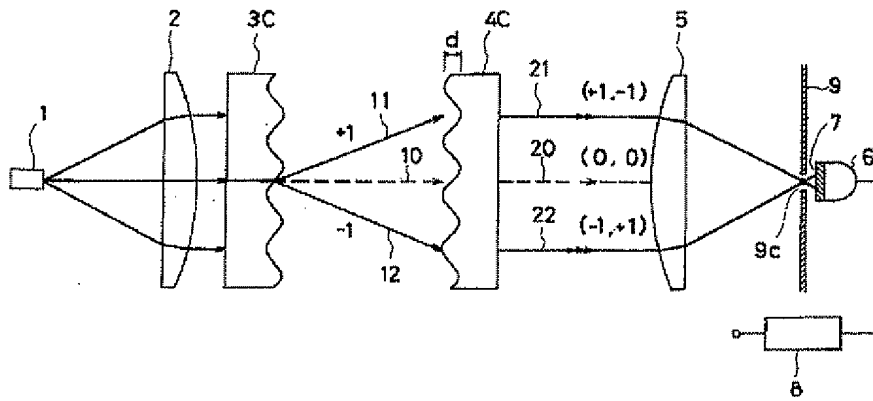
【図5】



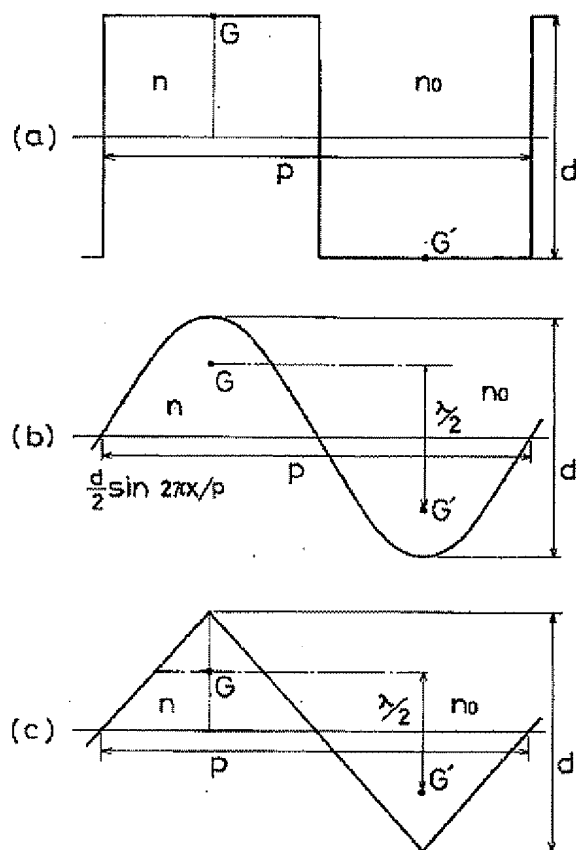
【図7】



【図6】



【図8】



【図10】

